

Beschreibung

Laufschaufelreihe für Strömungsmaschinen

5

Die Erfindung betrifft eine Laufschaufelreihe einer axialen Turbinen oder eines Verdichters.

Im Dampfturbinenbau werden insbesondere im Niederdruckbereich
10 Laufschaufelreihen eingesetzt, die eine große Anströmfläche aufweisen. Die jeweiligen Laufschaufeln solcher Laufschaufelreihen sind in ihrer radialen Richtung vergleichsweise lang. Solche Laufschaufeln können eine Länge von über einem Meter erreichen. Bei den im Betrieb erreichbaren Umdrehungszahlen sind die Fliehkräfte in den Laufschaufeln so stark, dass
15 leichtes Material eingesetzt werden muss. Das Material Titan oder Titanlegierung hat sich in dieser Hinsicht bewährt und wird im Dampfturbinenbau heute häufig eingesetzt. Durch die geringe Dichte von Titan oder Titanlegierung sind die Fliehkräfte in aus Titan oder Titanlegierung hergestellten Laufschaufeln gering. Nachteilig hierbei ist
20 die geringe Eigendämpfung dieser Laufschaufeln. Die aus Titan oder Titanlegierung hergestellten Laufschaufeln einer Laufschaufelreihe führen im Betrieb unerwünschte Schwingungen aus, die durch geeignete Maßnahmen gedämpft werden müssen. Eine bewährte Maßnahme ist hierbei eine Kopplung der Laufschaufeln untereinander, indem die Laufschaufelspitzen durch
25 sogenannte Deckbänder mechanisch miteinander quasi verkeilt werden, so dass die Schwingungen von Laufschaufeln um eine Achse, die sich radial vom Schaufelfuß zur Schaufelspitze sich ausdehnt, vermindert werden.

Eine Möglichkeit zur Verminderung von Laufschaufelschwingungen ist z.B.
30 in der US 5,695,323 dargestellt. Hierbei werden keilförmige Vorsprünge der Schaufelspitzen derart geformt, dass jeweils zwei Laufschaufelspitzen so miteinander verhakt werden, dass Schwingungen der Laufschaufeln vermindert werden. Die keilförmigen Vorsprünge dieser Laufschaufelspitzen sind vergleichsweise groß und führen auch hier zu großen Fliehkräften und
35 dadurch zu einer erhöhten Materialbeanspruchung.

Ein weiteres Verfahren zur Verhinderung von Schwingungen ist in der DE 101 08 005 A1 dargestellt. Hierbei werden zwei Stützflügel im Mittelbereich einer Laufschaufel angeordnet. Die Stützflügel sind im Querschnitt parallelogrammartig. Jeweils zwei Stützflügel werden derart miteinander in Berührung gebracht, dass einer Drehung in einer Richtung einer Laufschaufel entgegen gewirkt wird. Eine zweite Reihe von Stützflügeln ist ebenfalls parallelogrammartig aufgebaut und die Stützflügel stehen derart miteinander in Berührung, dass eine Drehung in der entgegengesetzten Drehrichtung vermindert wird. Zusätzlich zu diesen beiden Stützflügelanordnungen sind an den jeweiligen Laufschaufelspitzen weitere Stützelemente angebracht, die ein sogenanntes Deckband bilden und eine Schwingung der Laufschaufeln vermindern. Nachteilig sind hierbei die vergleichsweise großen Stützflügel, die zu großen Fliehkräften führen. Des weiteren sind diese Stützflügel aerodynamisch derart geformt, dass sie einen erhöhten Strömungswiderstand bilden.

In der DE 11 59 15 werden Laufschaufeln vorgestellt, die Deckplatten an den Laufschaufelspitzen aufweisen, die parallelogrammartig ausgebildet sind und miteinander so in Berührung stehen, dass eine Schwingungsdämpfung erreicht wird.

Eine derartige Anordnung ist auch aus der DE 33 06 143 A1 entnehmbar.

Die DE 100 14 189 A1 bietet ebenfalls eine Lösung zur Verminderung von Schwingungen, wobei hier wiederum Stützelemente eingesetzt werden, die eine relativ große räumliche Ausdehnung aufweisen.

In der GB 2 105 414 werden Stützelemente vorgestellt, die im Laufschaufelspitzenbereich eingesetzt werden. Hierbei werden rohrähnliche Stützelemente zwischen zwei Laufschaufeln derart angeordnet, dass die Laufschaufelhinterkante einer Laufschaufel mit der Laufschaufelvorderkante einer nächsten Laufschaufel mechanisch verbunden wird. Die Schwingung einer Laufschaufel hat dadurch einen Einfluss auf die Schwingung einer nächsten Laufschaufel.

Die in der GB 2 105 414 B aufgezeigte Verspannung der Laufschaufelreihen im Kopfbereich birgt den Nachteil eines aerodynamischen Effektes, der nicht erwünscht ist.

5 Bei einigen zum Stand der Technik gehörenden Möglichkeiten zur Schwingungsdämpfung von Laufschaufeln ist nachteilig, dass durch das Einsetzen der Stützflügel oder ähnlichen Bauteilen die Laufschaufeln so miteinander verspannt werden müssen, dass einerseits zwar die Schwingung vermindert wird, aber andererseits durch das Verspannen eine zusätzliche
10 mechanische Belastung erfolgt. Diese mechanische Belastung könnte zu Rissen der Laufschaufel führen. Des weiteren sind die im Stand der Technik vorgestellten Stützflügel oder ähnliche Bauteile von ihrer räumlichen Ausdehnung her so groß, dass im Betrieb enorme Fliehkräfte entstehen und ein Brechen der Stützflügel möglich ist.

15

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, die Schwingungen einer Laufschaufel in einer Laufschaufelreihe einer Strömungsmaschine zu vermindern.

20

Die Aufgabe wird gelöst durch eine Laufschaufelreihe einer Strömungsmaschine, wobei die Laufschaufelreihe einzelne Laufschaufeln aufweist, die jeweils ein Laufschaufelfuß, einen Laufschaufelmittelbereich, eine Laufschaufelspitze und eine Vorderkante
25 und eine Hinterkante aufweisen, wobei die Laufschaufel an den Laufschaufelspitzen Deckplatten aufweist, und zwischen wenigstens zwei benachbarten Laufschaufeln im Laufschaufelmittelbereich ein Stützelement derart angebracht ist, dass das Stützelement die zwei benachbarten Laufschaufeln miteinander koppelt. Unter der Kopplung der benachbarten
30 Laufschaufeln über das Stützelement ist jede mögliche Art von Befestigung zu verstehen. Mit anderen Worten: Zwischen zwei benachbarten Laufschaufeln ist im Laufschaufelmittelbereich ein Stützelement derart angebracht, dass die beiden Laufschaufeln miteinander befestigt werden.

35 Der Vorteil dieses Stützelements liegt in der geringen Masse und der geringen räumlichen Ausdehnung. Die geringe Masse dieses Stützelementes führt zu geringen Fliehkräften während des Betriebes. Darüber hinaus ist

die Fertigung bzw. Montage dieses Stützelements vergleichsweise einfach. Durch die geringe räumliche Ausdehnung dieses Stützelementes erreicht man ein aerodynamisch vorteilhaftes Verhalten während des Betriebes.

- 5 In einer vorteilhaften Ausgestaltung wird die Vorderkante einer Laufschaufel über das Stützelement mit der Hinterkante einer benachbarten Laufschaufel gekoppelt. Bei einer Schwingung der Laufschaufeln sind die Amplituden an den Vorder- bzw. Hinterkanten am größten. Eine Kopplung der Vorder- mit der Hinterkante führt zu einer besonders wirksamen Verminderung der Schwingungsamplitude.
- 10

In einer vorteilhaften Ausgestaltung wird das Stützelement als ein Stift ausgebildet. Der Vorteil liegt hierbei in der einfachen Fertigung dieser Anordnung.

15

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung werden die Stützelemente für Laufschaufeln eingesetzt, die aus dem Material Titan oder Titanlegierung gefertigt wurden.

- 20 In einer Weiterbildung wird die Laufschaufelreihe in einer Strömungsmaschine, wie z.B. Dampfturbine, Gasturbine oder Verdichter eingesetzt.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand einer Zeichnung näher

25 erläutert.

Die Figuren der Zeichnung zeigen im einzelnen:

- Figur 1 Den Teil-Querschnitt einer zweiflutigen Niederdruckdampfturbine;
- Figur 2 zwei über ein Stützelement verbundene Laufschaufeln einer Laufschaufelreihe;
- Figur 3 Eine Draufsicht auf ein Deckband der Laufschaufeln;
- Figur 4 Eine Draufsicht auf zwei Laufschaufeln mit einem

Stützelement.

In Figur 1 ist ein Teil-Querschnitt einer Niederdruckdampfturbine 1 dargestellt. Über den Einströmbereich 2 strömt ein Strömungsmedium durch die Strömungskanäle 3, 4. Ein drehbar gelagerter Rotor 5 weist in axialer Richtung voneinander beabstandet verschiedene Laufschaufelreihen auf, von denen der Übersichtlichkeit wegen nur eine Laufschaufelreihe 6 mit einem Bezugszeichen 6 versehen ist. An einem Innengehäuse 7 sind Leitschaufeln 8 angebracht. Über einen Ausströmstutzen 9 gelangt der entspannte Dampf aus der Niederdruckdampfturbine 1. Der Rotor 5 wird dabei in einer Drehbewegung um eine Rotationsachse 10 bewegt.

In Figur 2 sind zwei Laufschaufeln 11, 12 einer Laufschaufelreihe 6 dargestellt. Die Laufschaufeln 11, 12 weisen einen Laufschaufelfuß 13, einen Laufschaufelmittelbereich 14 und eine Laufschaufelspitze 15 auf. Die Laufschaufeln 11, 12 weisen des weiteren eine Vorderkante 16 und eine Hinterkante 17 auf. An den Laufschaufelspitzen 15 sind senkrecht zur radialen Ausrichtung 18 der Laufschaufeln 11, 12 senkrechte Deckplatten 19 angebracht. Die radiale Ausrichtung 18 ist mit dem Pfeil 18 dargestellt. Die Deckplatten 19 sind derart angebracht, dass senkrecht zur radialen Ausrichtung die Laufschaufelspitzen 15 überragt werden. Des weiteren sind die Deckplatten 19 von der Vorderkante 16 bis zur Hinterkante 17 ausgebildet.

Die Deckplatten 19 haben an der Vorderkante 16 und an der Hinterkante 17, in radialer Richtung 18 gesehen, einen sägezahnförmigen Kontaktbereich 20. Der sägezahnförmige Kontaktbereich 20 sind dabei derart ausgebildet, dass zwei Deckplatten 19 ineinander angebracht und kontaktiert sind. Das bedeutet, dass die Laufschaufeln 11, 12 in ihrer Schwingungsbewegung um einen Drehpunkt 21 eingeschränkt sind. Durch die Pfeile 22 in Figur 3 wird eine Drehung angedeutet, die aber durch die sägezahnförmige Geometrie 20 der beiden in Kontakt stehenden Deckplatten 19 verhindert wird.

Die Figur 3 zeigt einen Blick auf die Deckplatten 19, gesehen entlang der radialen Ausrichtung 18. Die beiden gestrichelten Linien 23 deuten eine Laufschaufelspitze 15 an.

In der Figur 4 sind die zwei Laufschaufeln 11, 12 dargestellt. Die Blickrichtung ist hier wie in Figur 3 entlang der radialen Ausrichtung 18. Der Übersichtlichkeit wegen wurde auf die Darstellungen der
5 Deckplatten 19 verzichtet. Zu sehen ist ein Schnitt durch die Laufschaufeln 11, 12 im Laufschaufelmittelbereich 14. An der Hinterkante 17 der Laufschaufel 11 ist ein Stützelement 24 angebracht. Das Stützelement 24 ist mit der Vorderkante 16 der Laufschaufel 12 verbunden. Das Stützelement 24 kann an der Vorder- und Hinterkante 16, 17 durch
10 Schweißung oder Verschraubung befestigt werden. Weitere Möglichkeiten zur Befestigung des Stützelementes 24 an die Hinter- bzw. Vorderkante 16, 17 sind im Dokument GB 2 105 414 dargestellt.

Die Laufschaufelfüße 13 werden auf dem in Figur 4 nicht näher
15 dargestellten Rotor 5 angebracht.

In der Ausführungsform gemäß Figur 4 ist das Stützelement 24 als Stift ausgebildet.

Patentansprüche

1. Laufschaufelreihe (6) einer Strömungsmaschine, wobei die Laufschaufelreihe (6) wenigstens zwei benachbarte Laufschaufeln (11, 12) aufweist, die jeweils einen Laufschaufelfuß (13) , einen Laufschaufelmittelbereich (14) , eine Laufschaufelspitze (15) und eine Vorderkante (16) und eine Hinterkante (17) aufweisen, wobei die Laufschaufeln (11, 12) an den Laufschaufelspitzen (15) Deckplatten (19) aufweisen und die Deckplatten (19) derart geformt sind, dass eine Entwindung der Laufschaufeln (11, 12) verhindert wird,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s

die zwei Laufschaufeln (11, 12) im Laufschaufelmittelbereich (14) durch ein Stützelement (24) miteinander gekoppelt sind.

2. Laufschaufelreihe (6) nach Anspruch 1,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s
die Vorderkante (16) einer Laufschaufel (11, 12) mit der Hinterkante (17) einer benachbarten Laufschaufel (11, 12) durch das Stützelement (24) gekoppelt ist.

3. Laufschaufelreihe (6) nach Anspruch 1,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s
das Stützelement (24) als ein Stift ausgebildet ist.

4. Laufschaufelreihe (6) nach einem der Ansprüche 1 bis 2,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s
die jeweiligen Laufschaufeln (11, 12) das Material Titan oder Titanlegierung aufweisen.

5. Strömungsmaschine,
g e k e n n z e i c h n e t d u r c h
eine Laufschaufelreihe (6) nach einem der Ansprüche 1 bis 3.

Zusammenfassung

Laufschaufelreihe für Strömungsmaschinen

- 5 Die Erfindung betrifft eine Laufschaufelreihe einer Strömungsmaschine,
wobei die Laufschaufelreihe einzelne Laufschaufeln aufweist, die jeweils
einen Laufschaufelfuß und einen Laufschaufelmittelbereich sowie eine
Laufschaufelspitze und eine Vorderkante und eine Hinterkante aufweisen,
wobei die Laufschaufeln im Laufschaufelmittelbereich durch Stützelemente
10 derart miteinander mechanisch verbunden sind, dass unerwünschte
Schwingungen der Laufschaufeln wirksam vermieden werden.

Figur 2

15

Bezugszeichenliste

1	Niederdruckdampfturbine
2	Einströmbereich
3	Strömungskanal
4	Strömungskanal
5	Rotor
6	Laufschaufelreihe
7	Innengehäuse
8	Leitschaufel
9	Ausströmstutzen
10	Rotationsachse
11	Laufschaufel
12	Laufschaufel
13	Laufschaufelfuß
14	Laufschaufelmittelbereich
15	Laufschaufelspitzen
16	Vorderkante
17	Hinterkante
18	radiale Ausrichtung
19	Deckplatten
20	Sägezähne
21	Drehpunkt
22	Pfeile
23	Laufschaufelspitze
24	Stützelement

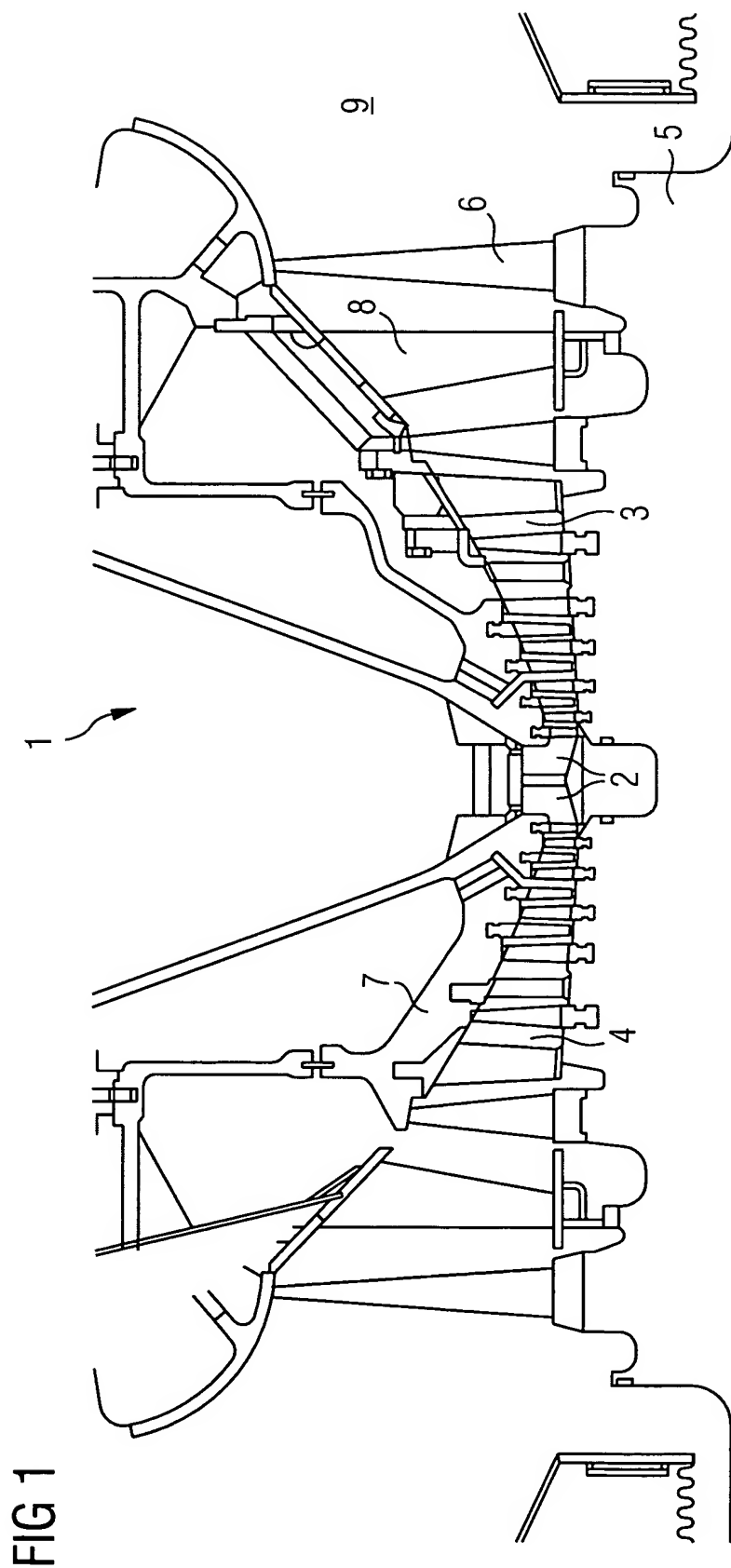


FIG 2

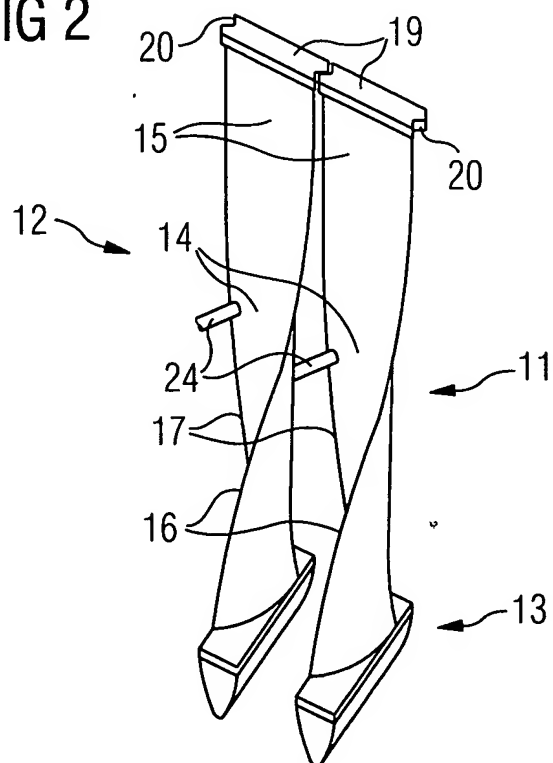


FIG 3

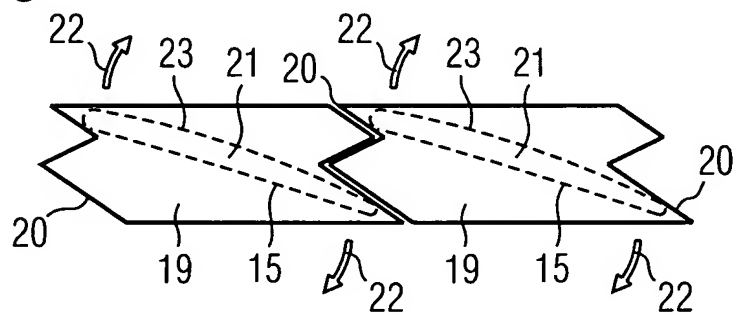


FIG 4

